

# EUROPEAN PATENT OFFICE

(7)

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 02272432  
 PUBLICATION DATE : 07-11-90

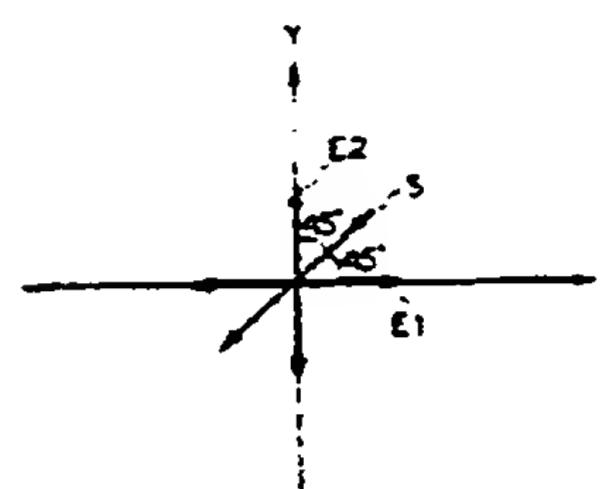
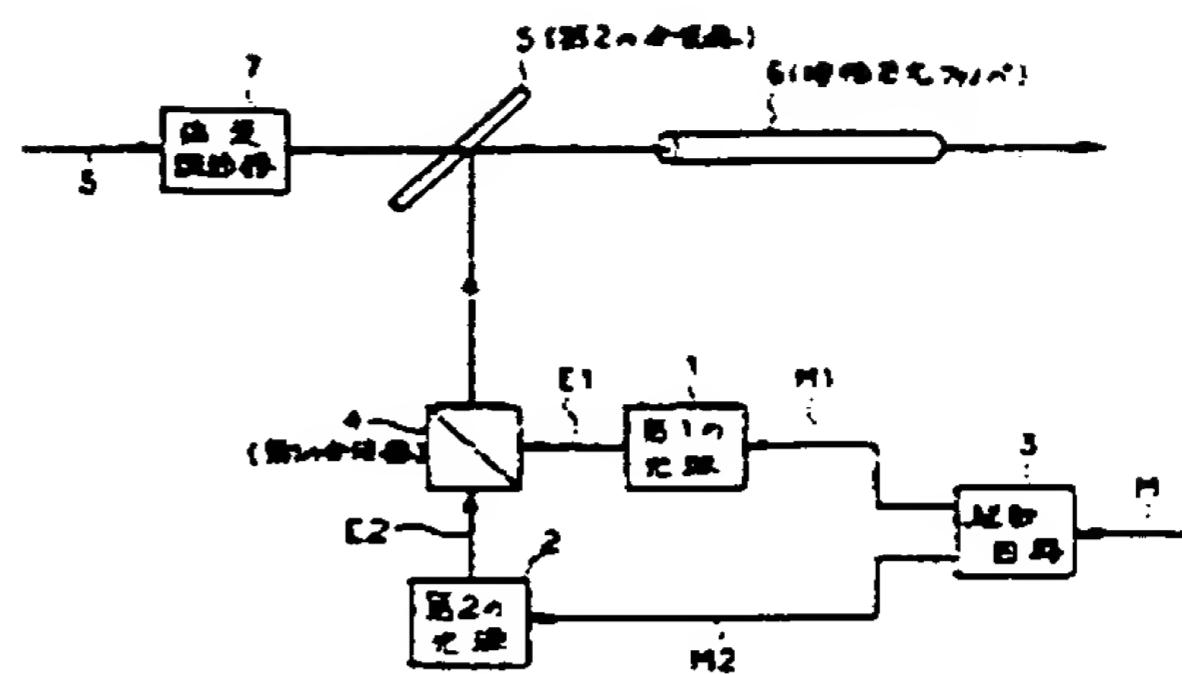
APPLICATION DATE : 13-04-89  
 APPLICATION NUMBER : 01091945

APPLICANT : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
 <NTT>;

INVENTOR : KAWASE MASAAKI;

INT.CL. : G02F 1/35 G02B 6/00 H01S 3/17  
 H04B 10/04 H04B 10/06

TITLE : POLARIZED WAVE MODULATING  
 DEVICE



ABSTRACT : PURPOSE: To perform polarized wave modulation without attenuating signal light by making the polarized wave directions of 1st and 2nd exciting light beams coincident with the main axis of an optical fiber for polarized wave maintaining type amplification and specifying the angle between the polarized wave direction of the signal light and the polarized wave directions of the 1st and 2nd exciting light beams.

CONSTITUTION: The exciting light E1 which is the projection light from a 1st light source 1 and the exciting light E2 which is the projection light from a 2nd light source are multiplexed by a 1st multiplexer 4 so that their polarized light directions cross each other orthogonally. The multiplexed exciting light beams E1 and E2 are multiplexed by a 2nd multiplexer 5 with signal light S which is a continuous wave. The signal light S and the exciting light beams E1 and E2 which are multiplexed by the multiplexer 5 are made incident on the optical fiber for amplification. At this time, the polarization direction of the signal light S is adjusted by a polarized wave adjuster 7 so that the exciting light beams E1 and E2 are at 45°. Then the Raman amplification of the signal light S is with the exciting light beams E1 and E2. The gain at the time of the Raman amplification becomes maximum when the polarization directions of the exciting light and signal light coincide with each other and minimum when the polarization directions cross each other orthogonally.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

平2-272432

⑬ Int. Cl.

G 02 F 1/35

識別記号

501

序内整理番号

7348-2H

⑭ 公開 平成2年(1990)11月7日

8523-5K

H 04 B 9/00

7370-2H

G 02 B 6/00

L

E\*

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全4頁)

⑮ 発明の名称 偏波変調装置

⑯ 特 願 平1-91945

⑰ 出 願 平1(1989)4月13日

⑱ 発明者 堀口 常雄 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発明者 山下 克也 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 発明者 立田 光廣 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉑ 発明者 清水 正利 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

㉒ 出願人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉓ 代理人 弁理士 白水 常雄 外1名

最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称

偏波変調装置

せるための第2の合波器と、

該信号光と該第1の励起光の偏波の方向及び該信号光と該第2の励起光の偏波の方向が互いにおよそ45°の角度をなすように偏波を調節するための偏波調節器と、

を備えた偏波変調装置。

2. 特許請求の範囲

(1) 信号光を光増幅するための増幅用光ファイバ  
と、

該増幅用光ファイバを励起するための第1及  
び第2の光源と、

変調信号Mを入力され、該第1の光源を強度  
変調するための該変調信号Mと同一の変調信号  
M1を出力するとともに、該第2の光源を強度  
変調するための変調信号M1と相補的関係にあ  
る変調信号M2を出力する駆動用回路と、

該第1及び第2の光源から出力される第1及  
び第2の励起光をそれぞれの偏波が直交した状  
態で合波させる第1の合波器と、

該信号光と該合波された第1及び第2の励起  
光を合波して前記増幅器用光ファイバに入力さ

3. 発明の詳細な説明

(1) 発明の属する技術分野

本発明は、信号光の偏波方向を互いに直交する  
2つの偏波方向に時系列的に変える偏波変調装置  
に関するものである。

(2) 従来の技術

従来提案されている偏波変調装置で最も良く知  
られているものは、LiNbO<sub>3</sub>の電気光学効果を利用  
したものである。これは、LiNbO<sub>3</sub>の結晶に電界を  
かけ、結晶に複屈折を誘起させることにより、そ  
の結晶を通過する信号光の偏波状態を変化させ  
るものである。この偏波変調装置の損失は、原理上  
は零である。しかし、実際には、変調器を低電圧

## 特開平2-272432 (2)

で動作させるために、LiNbO<sub>3</sub>の結晶を、パルクではなく、導波路として作製するため、導波路の伝搬損失、導波路との結晶損失などにより、3～5 dBの過剰損失が生じる。これが、電気光学効果型変調器の大きな問題点である。

### (3) 発明の目的

本発明は、信号光のレベルを減衰させることなく、信号光の偏光方向を変調するための偏波変調装置を提供することにある。

### (4) 発明の構成

#### (4-1) 発明の特徴と従来の技術との差異

本発明は、増幅用光ファイバにおける利得の偏光依存性を積極的に利用することを最も主要な特徴とする。本発明は、信号光の偏波の変調原理が、光増幅そのものを用いているため、信号光の減衰が避けられない従来技術とは大きく異なる。

#### (4-2) 実施例

##### (実施例)

第1図は、本発明の実施例を説明する図であって、1は第1の光源、2は第2の光源、3は駆動

回路、4は第1の合波器、5は第2の合波器、6は増幅用光ファイバ、7は偏波調節器である。

第1、第2の光源は、直接強度変調が可能な高出力半導体レーザが望ましい。

第1の光源1からの出射光である励起光E1と、第2の光源からの出射光である励起光E2は、互いの偏光方向が直交した状態で、第1の合波器4により合波される。第1の合波器4としては、偏波分離型ビームスプリッタや、偏波保持型ファイバカップラ等が使用できる。合波された励起光E1及びE2は、さらに、連続波である信号光Sと、第2の合波器5により合波される。合波器5には、通常の光ファイバ型カップラが使用できる。また、信号光と励起光の波長が異なる点に着目することにより、合波器5として、一種の波長フィルタであるダイクロイックミラーを用いることも可能である。このときは、合波器5の信号光S、励起光E1、E2に対する挿入損失を原理的に零とすることができる。合波器5により合波された信号光S、励起光E1、E2は、増幅用光ファイバ6に

入射される。このとき、第2図に示すように、偏波調節器7により、信号光Sの偏光方向は、励起光E1、E2と45°の角度をなすように調節しておく。偏波調節器7は、偏光子、あるいは1/2波長板と1/4波長板の組合せ、あるいはそれらと等価なものを、コイル状の光ファイバで実現したもの、等が使用できる。また、信号光Sの波長λ<sub>s</sub>は、励起光E1、E2の波長λ<sub>1</sub>、λ<sub>2</sub>と、

$$1/\lambda_s - 1/\lambda_1 \approx \nu_s \text{ (cm}^{-1}\text{)}$$

$$1/\lambda_s - 1/\lambda_2 \approx \nu_s \text{ (cm}^{-1}\text{)}$$

(ν<sub>s</sub>はラマン周波数シフト)

の関係を満足するように設定する。このとき、信号光Sは励起光E1、E2によりラマン増幅される。増幅用光ファイバ6として、通常の石英系光ファイバを使用した場合には、ラマン周波数シフトν<sub>s</sub>は約450 cm<sup>-1</sup>である (cm<sup>-1</sup>は光周波数の単位であり、1 cm<sup>-1</sup>は30GHzに相当する)。ラマン増幅における利得は、励起光と信号光の偏光方向が一致したとき最大となり、直交したとき最低となる。また、その利得が大きいとき、増幅された

信号光の偏光方向は、励起光の偏光方向と一致する。そこで、今、駆動回路3に第3図Aに示した変調信号Mを入力したとき、駆動回路3は、変調信号Mと同一の変調信号M1(第3図B)を第1の光源に送出し、同時に、変調信号M1と相補的な関係にある信号、すなわち、変調信号M1の“0”、“1”信号を交換させた変調信号M2(第3図C)を第2の光源に送出する。このとき、変調信号Mに応じて、励起光E1とE2が交互に、信号光Sを増幅用光ファイバ6中で増幅する。従って、その増幅された信号光Sの偏光方向は、変調信号Mに応じて、励起光E1あるいはE2と同一の偏光方向を交互にとる(第3図D)。すなわち偏波変調される。第3図Dにおける記号//、⊥は、それぞれ、増幅された信号光Sの偏波方向が、励起光E1のそれと並行及び直交していることを示している。またその偏波変調された信号光パワーは、光増幅により、入射信号光パワーに比べ、10～30dBも大きな値となり、従来のように、信号光が減衰することはない。一般に、偏波変調

特開平2-272432 (3)

と同時に、信号光Sが強度変調されることは好ましくない。光増幅された信号光Sのパワーは、増幅用光ファイバ6への、入射信号光パワーと、信号光Sと同一の偏光成分を持つ励起光パワーの積に比例する。従って、信号光Sと励起光E1、E2の偏光方向の関係が、第2図のごとく偏波調節器7により調節されており、励起光E1とE2のパワーが同一の場合には、偏波変調と同時に強度変調されることはない。なお、第1図において、偏波調節器7は、信号光Sの偏光方向を調節するように配置されているが、そのかわりに、励起光E1、E2の偏波方向を調節するように、第1と第2の合波器の間に配置しても良い。

以上の説明では、光ファイバ中での増幅機構として、ラマン増幅を考えたが、そのほかの光増幅現象を用いることも可能である。例えば、前記増幅用光ファイバのコアに、希土類元素(Er、Nd等)を添加することにより、信号光Sを増幅することが可能となる。但しこの場合には、希土類元素固有の原子のエネルギー準位間遷移を利用するこ

とによって光増幅を行うため、前記ラマン増幅と異なり、信号光の増幅可能な波長帯はその元素固有のものとなる。Erを光ファイバに添加した場合、増幅可能な波長帯は、およそ、1.53～1.55μmにあり、また、励起光E1、E2の波長は、およそ、0.53、0.65、0.81、0.98、あるいは1.46～1.48μmでなければならない。また、Ndを光ファイバに添加した場合には、増幅可能な波長帯は、およそ、1.06、1.32μmであり、励起光E1、E2の波長は、およそ0.81μmでなければならない。以上の波長に関する制約を除くと、前記ラマン光増幅の場合と同様に、希土類元素を添加した光ファイバを使用した光増幅により、偏波変調が可能となる。しかも、その利点は、僅か2～3mの増幅用光ファイバ6を用いることにより、20dBにも達する。

以上の説明では、入射した光の偏波方向は、増幅用光ファイバ6中で一定に保たれるものと仮定したが、増幅用光ファイバが長い場合には、直交偏波モード間のモード結合が生じるため、この振

定は非現実的なものになる。応力付与部をコアの両側に組み込んだ偏波保持型光ファイバ、あるいは、コアないしクラッドを梢円化した偏波保持型光ファイバを、前記ラマン光増幅あるいは希土類ドープ光ファイバによる光増幅の増幅用光ファイバ6として使用することにより、一層安定で利得の大きな偏波変調が可能となる。なお、このとき、第4図に示すように、励起光E1、E2の偏波方向は、偏波保持型増幅用光ファイバの主軸X、Yと一致させ、信号光Sの偏波方向は、これまでの説明通り、励起光E1、E2の偏波方向と45°の角度をなすものとする。

#### (5) 発明の効果

以上説明したように、本発明によれば、信号光を減衰せることなく、むしろ増幅させて、偏波変調を行うことが可能である。また、本発明は、高速な偏波変調を行うことにより、光源の偏光を虚似的に解消することができるるので、偏波変調による、光通信に応用されるだけでなく、インコヒーレントな光源が必要とされる光計測等にも応用

可能である。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例を示す系統図、第2図は信号光S、励起光E1、E2の偏波方向の関係を示す図、第3図は変調信号M、駆動信号M1、M2の波形と光増幅された信号Sの波形と偏波の関係を示す図、第4図は信号S、励起光E1、E2の偏波方向及び偏波保持型増幅用ファイバ6の主軸X、Yの関係を示す図である。

1…第1の光源、2…第2の光源、3…駆動回路、4…第1の合波器、5…第2の合波器、6…増幅用光ファイバ、7…偏波調節器。

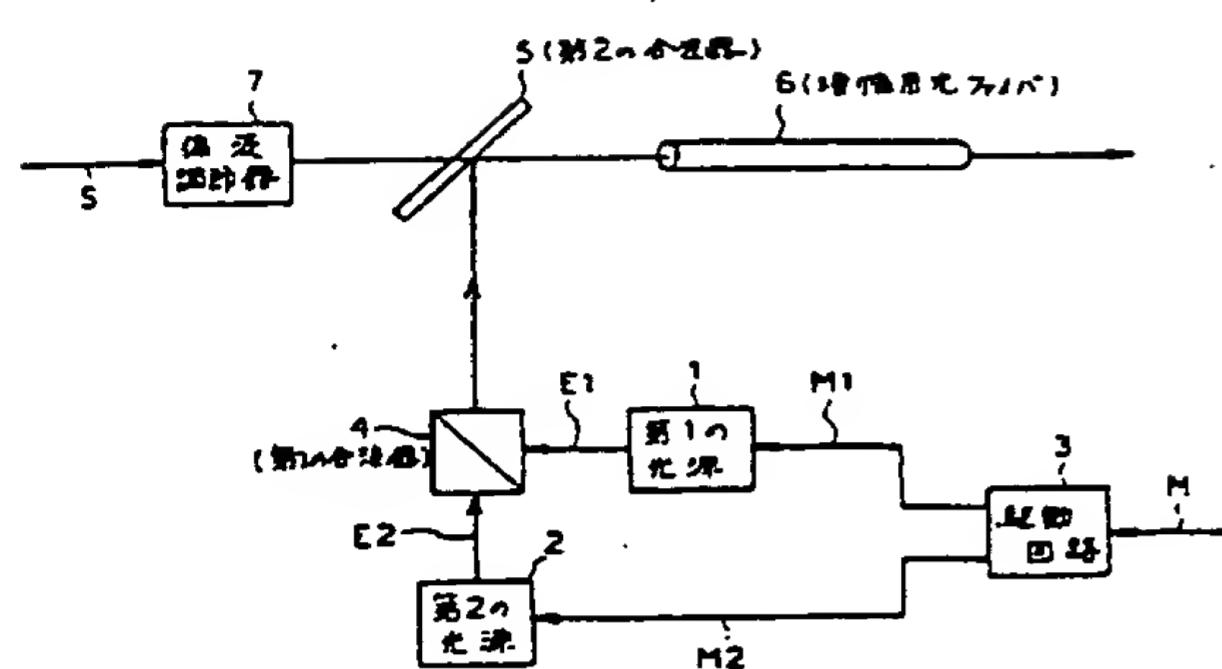
特許出願人 日本電信電話株式会社

代理人 弁理士 白水常雄

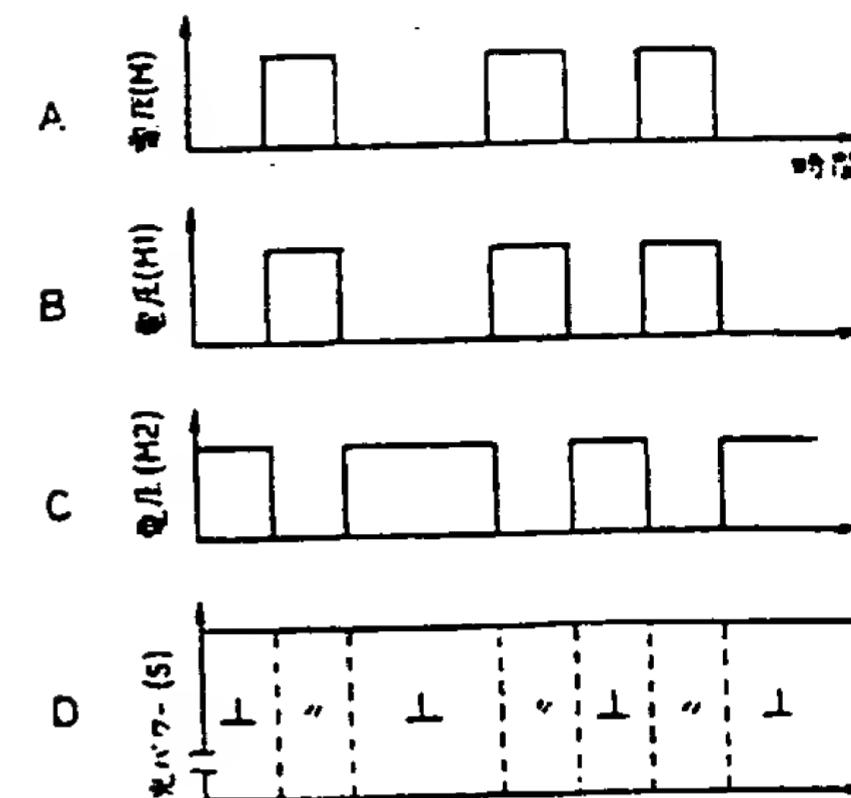
外1名

特開平2-272432 (4)

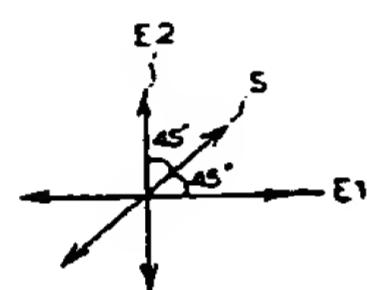
第1図



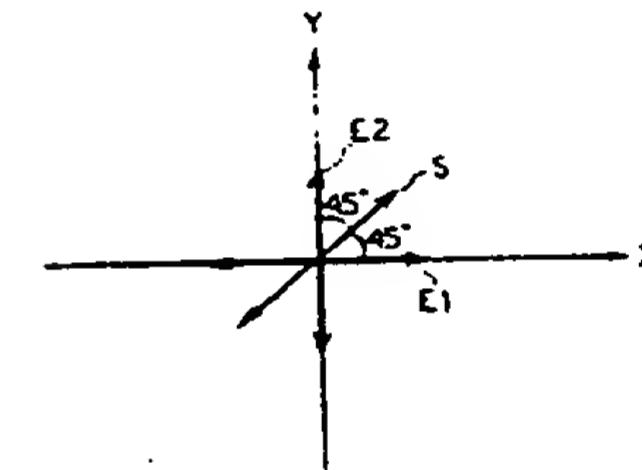
第3図



第2図



第4図



第1頁の続き

⑤Int.Cl.<sup>5</sup>

G 02 B 6/00  
H 01 S 3/17  
H 04 B 10/04  
10/06

識別記号

厅内整理番号

7630-5F

⑦発明者 小林 英夫 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑦発明者 川瀬 正明 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内